

MESTRADO
GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO
DISSERTAÇÃO

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE
MELHORIA CONTÍNUA: O CASO DE UMA EMPRESA DE
METALOMECÂNICA

JORGE MIGUEL LOPES DA COSTA

OUTUBRO – 2020



LISBON
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

Jorge Costa | APLICAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE MELHORIA CONTÍNUA:
O CASO DE UMA EMPRESA DE METALOMECÂNICA

MESTRADO

GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE
MELHORIA CONTÍNUA: O CASO DE UMA EMPRESA DE
METALOMECÂNICA**

JORGE MIGUEL LOPES DA COSTA

ORIENTAÇÃO:

**PROFESSORA DOUTORA GRAÇA MARIA DE OLIVEIRA MIRANDA
SILVA**

OUTUBRO – 2020

RESUMO

A crescente competitividade nas mais diversas indústrias leva a que a qualidade tenha um papel cada vez mais importante para as empresas. Produzir bem à primeira, aumentar a eficiência produtiva e reduzir o desperdício e as operações que não trazem valor acrescentado para o cliente, são alguns dos principais desafios que as organizações têm de enfrentar atualmente.

Para tal, torna-se cada vez mais relevante perceber como é que as empresas utilizam as ferramentas e técnicas da qualidade para melhorar continuamente os seus processos e assim alcançar a excelência na qualidade.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar como é que algumas ferramentas e técnicas da qualidade são utilizadas para melhorar os resultados operacionais. A metodologia de investigação aplicada foi um estudo de caso da empresa MCG – Mind for Metal (uma empresa portuguesa que entre outros setores de atividade, está presente na indústria metalomecânica).

Os resultados do estudo de caso demonstraram que as ferramentas e técnicas de melhoria contínua mais utilizadas pela empresa em análise são a 8D e a A3, sendo que a sua aplicação, envolve a utilização de outras ferramentas como os 5 porquês, o *Poka-Yoke* e o diagrama causa-efeito. Relativamente à melhoria dos resultados, constatou-se que houve uma rápida e eficaz deteção das causas raízes dos problemas nos 2 casos em que se aplicou a 8D, tendo igualmente sido obtido um aumento de produtividade na aplicação das ferramentas para um processo de melhoria no qual foi aplicado a A3.

Palavras-chave: qualidade, metalomecânica, ferramentas da qualidade, ferramentas *lean*, resolução de problemas, melhoria contínua.

ABSTRACT

The increasing competitiveness in most industries, leads to the growing importance of Quality in companies. Making a good part from the start, increasing production efficiency, reducing waste and all the operations that don't create value for the customer are some of the main challenges that organizations face nowadays.

With that in mind, it becomes more and more relevant to understand how companies use quality tools and techniques to improve continuously their processes and to achieve excellence in quality.

This paper intends to show how some quality tools and techniques are used to improve results. The applied investigation methodology was a case study of the company MCG – Mind for Metal (a Portuguese company that among other sectors operates in the metalworking industry).

The results show that continuous improvement tools and techniques most used by the company in this study are 8D and A3, and their application involves the use of other tools such as 5 Why, Poka-Yoke and cause-effect diagram. Regarding the success of the results, it was found that there was a quick and effective detection of the root cause for the problems in both cases that the 8D was used, and an increase in productivity was achieved by the application of the tools in a improvement process where it was used the A3.

Key-words: quality, metalworking, quality tools, lean tools, problem solving, continuous improvement.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa o fim de uma etapa muito importante, que irá levar ao início de uma outra, onde será feita a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do decurso destes 2 anos. A realização desta dissertação apenas foi possível concluir devido ao incondicional apoio de certas pessoas. Quero então começar por agradecer,

À Professora Doutora Graça Silva por ter aceite orientar esta dissertação e por todo o apoio, sugestões e incansável disponibilidade que teve ao longo do decorrer da execução do mesmo;

Ao CEO da MCG, José Miguel Medeiros, pela autorização concedida para a realização do trabalho aqui apresentado;

Ao responsável pela Qualidade, ao responsável pela Engenharia de Processo, e aos Engenheiros de Processo presentes no estudo, pelas entrevistas e por todos os esclarecimentos prestados;

Por último, mas não menos importante, aos colaboradores da MCG pela forma como me auxiliaram e como me possibilitaram, com a sua visão, perceber melhor a realidade da empresa e o seu contacto com as práticas da melhoria contínua.

ÍNDICE

RESUMO	Erro! Marcador não definido.
ABSTRACT	II
AGRADECIMENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE FIGURAS	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 <i>Melhoria Contínua</i>	3
2.2 <i>Filosofia Lean</i>	4
2.2.1 <i>Ferramentas Lean</i>	6
2.2.2 <i>Gestão pela Qualidade Total (GQT)</i>	10
2.2.3 <i>Ferramentas da Qualidade</i>	11
3. METODOLOGIA.....	16
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	18
4.1 <i>Caracterização da Empresa</i>	18
4.2 <i>Práticas de MC</i>	18
4.2.1 <i>Aplicação da A3</i>	19
4.3 <i>Resolução de Problemas</i>	25
4.3.1 <i>Resolução de um Problema Interno</i>	25
4.3.2 <i>Resolução de um Problema referente a uma Reclamação Externa</i>	28
5. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXOS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela I – Número de peças inspecionadas vs número de peças com falta de tinta.....	20
Tabela II - Tratamento da informação referente ao diagrama causa-efeito na aplicação da A3.....	22
Tabela III – 5 Porquês referente à aplicação da A3.....	23
Tabela IV - Tratamento da informação referente ao diagrama causa-efeito na aplicação da 8D	27
Tabela V – 5 Porquês referente à resolução do problema de reclamação externa.....	29
Tabela VI – FMEA do processo	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama causa-efeito utilizado na aplicação da A3	22
Figura 2 - Diagrama causa-efeito utilizado na aplicação da 8D	26

1. INTRODUÇÃO

Estamos a viver num mundo com uma competitividade cada vez maior (Cole, 2002). Hoje em dia as empresas são pressionadas para produzir produtos de elevada qualidade, enquanto os preços continuam a descer (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019), obrigando-as por isso a procurarem continuamente novas formas de melhorar o seu desempenho e obter vantagem competitiva (Zhang, Linderman & Schroeder, 2012).

Numa indústria como a metalomecânica, que fornece indústrias de alta tecnologia como é o caso da automóvel, é crucial manter elevados padrões de qualidade. Torna-se portanto fundamental implementar as melhores práticas da gestão da qualidade de forma a obter um bom desempenho quer a nível da qualidade quer a nível financeiro (Parvadavardini, Vivek & Devadasan, 2016). A indústria da metalomecânica tem experienciado um grau de mudanças sem precedentes nas últimas três décadas, envolvendo as abordagens à gestão do produto, às tecnologias dos processos, às expectativas do cliente e ao comportamento competitivo, forçando as organizações a manter constantemente os preços baixos, reduzir os desperdícios, otimizar as linhas de produção e aumentar a velocidade da produção para se manterem competitivas. Estes resultados podem ser obtidos através da implementação da melhoria contínua (Singh & Singh, 2015).

As empresas têm apostado fortemente na melhoria contínua, tendo usado como suporte as técnicas e ferramentas da qualidade para a implementação dos programas de qualidade (Ismaylis & Moschidis, 2015) e que lhes permite olhar com outros olhos para a gestão, otimizando ao máximo a eficiência, reduzir tudo o que não tem valor acrescentado para o cliente e tornarem-se mais flexíveis e competitivas.

A melhoria contínua tem sido abordada de diferentes formas pelas organizações. A certificação pelas normas ISO 9001, a gestão pela qualidade total (GQT), a implementação de modelos de excelência (e.g. EFQM) e a aplicação do *Lean*, são algumas das abordagens mais frequentes (Singh & Singh, 2015). O *Lean* é uma filosofia na qual todos os envolvidos trabalham continuamente na melhoria dos processos (Nguyen, 2014), utilizando ferramentas tais como o *Kaizen*, 5S, A3, PDCA, *Poka-Yoke*, 8D, etc.

O presente trabalho procura responder à seguinte questão de investigação: Como é que a empresa em análise utiliza as técnicas e ferramentas da qualidade? Para dar resposta a esta questão são identificados os seguintes objetivos:

- Perceber quais as principais ferramentas utilizadas pela empresa e se estas são diferentes mediante os problemas da qualidade com que a empresa se depara;
- Perceber quais os resultados obtidos com a aplicação destas ferramentas.

O presente trabalho utiliza uma metodologia de estudo de caso para responder aos objetivos definidos anteriormente. Mais especificamente, no presente trabalho é estudado o caso de uma empresa na área da metalomecânica em Portugal, a MCG – Mind For Metal.

Esta dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro é feita uma introdução e enquadramento do tema em análise, sendo apresentada a questão de investigação e explicados os objetivos do estudo. No segundo apresenta-se a revisão da literatura, envolvendo a melhoria contínua, a filosofia *Lean* e suas ferramentas, bem como as ferramentas da qualidade. A metodologia utilizada é descrita no terceiro capítulo. No quarto capítulo, é apresentada uma análise e discussão dos resultados, onde será introduzido o caso de estudo. Por fim, no capítulo cinco, são apresentadas as conclusões do trabalho, as limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Melhoria Contínua*

As exigências e expectativas dos clientes são cada vez maiores, o que num ambiente com crescente competitividade, obriga as organizações a melhorarem continuamente a sua forma de fazer negócio (Awaj, Singh, & Amedie, 2013; Aichouni, 2012; Cole, 2002; Laugen, Acur, Boer & Frick, 2005; Khan, Kaviani, Galli & Ishtiaq, 2019; Zhang *et al.*, 2012). As empresas necessitam de desenvolver e manter um nível elevado de coerência entre a sua estratégia, os seus programas de ação, as suas práticas e a sua performance (Laugen *et al.*, 2005), visto os clientes deixarem de olhar para a qualidade como um “extra” mas como uma obrigação (Lin & Chang, 2006).

A Melhoria Contínua (MC) é aplicada nas empresas, entre outros resultados, para melhorar a qualidade, reduzir tempos de entrega e reduzir os preços (Anand, Ward, Tatikonda, & Schilling, 2009; Singh & Singh, 2012). Os seus processos exigem que equipas especializadas utilizem ferramentas de qualidade nas atividades de melhoria (Paliska, Pavletic & Sokovic, 2007). A gestão de topo necessita de estar totalmente envolvida, pois esta promove o trabalho de equipa, ao fornecer os recursos necessários e demonstrar o seu comprometimento (Foster, Howard & Shannon, 2002).

A MC é uma cultura de melhoria sustentável, com o objetivo de eliminar desperdício em todos os sistemas e processos da empresa, envolvendo toda a organização e que pode ser evolucionária, quando é feita regularmente sob forma de melhorias incrementais, ou radical, quando são feitas grandes alterações através de ideias inovadoras (Singh & Singh, 2015). É a constante procura da aplicação de novas formas de fazer um processo, levando à melhoria do mesmo (Anand *et al.*, 2009).

O estudo de Khan *et al.* (2019), no qual os autores aplicaram um processo de MC numa empresa, levando a diminuir o tempo dos projetos de 16 para 9 semanas e a um aumento do rácio das vendas de 11% para 32%, e o estudo de Eaidgah, Maki, Kurczewski e Abdekhodae (2016) em que após a aplicação das práticas de MC, tornaram o fluxo de informação eficaz, criaram métricas para os processos críticos até então inexistentes e corrigiram uma grande quantidade de erros repetitivos, mostram a importância da adoção de programas de MC para o sucesso das empresas.

As raízes dos atuais programas de MC advêm do final do século XIX, altura em que algumas empresas levaram a cabo iniciativas para motivar os trabalhadores a dar novas ideias que trouxessem melhorias positivas para a empresa (Singh & Singh, 2012).

Mais tarde na segunda guerra mundial foi criado um programa para sensibilizar supervisores acerca da importância das técnicas da MC, programa esse que chegou ao Japão, foi aperfeiçoado gradualmente e originou o *Kaizen*.

A metodologia *Kaizen* (*Kai* – mudar, *Zen* – melhor), ou “mudança para melhor” é usada não apenas na gestão mas em todos os aspectos das vidas dos japoneses (Singh & Singh, 2015). Consiste em melhorias incrementais que tornam os processos mais eficientes, através da divisão de processos complexos em subprocessos e da sua melhoria. (Khan *et al.*, 2019). O *Kaizen* baseia-se na eliminação de desperdício, na melhoria da produtividade e em alcançar a MC sustentável em todas as atividades da organização, promovendo a envolvimento de trabalhadores em todos os níveis na organização a trabalhar juntos (Nguyen, 2014). Tem também como objetivo encorajar todos os trabalhadores a melhorar os seus postos de trabalho e processos, pois estes conhecem melhor do que ninguém as especificidades dos mesmos (Khan *et al.*, 2019).

Apesar da metodologia *Kaizen* não necessitar de grande investimento a nível financeiro, obriga ao empenho contínuo de todos os níveis da gestão, envolvendo a manutenção (atividades relacionadas com a manutenção das tecnologias e padrões) e a melhoria (relacionada com a otimização dos padrões atuais) (Singh & Singh, 2012). Por exemplo no trabalho de Iwao e Marinov (2018), que analisa duas empresas, a Toyota e a Matsou, concluiu-se que apesar de ambas terem modificado os seus procedimentos operacionais para melhor, na primeira há um muito maior comprometimento com a MC do que na segunda, levando a que esta não melhore significativamente o seu desempenho.

Nos anos mais recentes, muitas organizações demonstraram que podem ser alcançadas melhorias significativas no setor da produção através da implementação das práticas de MC (Singh & Singh, 2012), contudo este processo não pode ser realizado sem o uso de métodos, técnicas e ferramentas da qualidade e do *Lean Manufacturing*.

2.2 Filosofia Lean

O sucesso alcançado, primeiro pela Toyota e mais tarde por várias organizações por todo o mundo, levou a que muitas empresas implementassem o *Lean* de forma a eliminar desperdício e melhorar significativamente o seu desempenho (Abdulmalek & Rajgopal, 2007; Bajjou & Chafi, 2018; Bortolotti, Boscari & Danese, 2015).

A nomenclatura *Lean* foi dada a conhecer por Womack, Jones e Roos (1990), com o intuito de demonstrar o seu estudo no qual apresentaram as práticas utilizadas

pelos fabricantes japoneses de automóveis através do uso do *Toyota Production System* (TPS). É uma filosofia de identificação e eliminação das perdas e desperdícios, que deriva da MC e do *Kaizen*, tendo sido desenvolvida na área de produção, especialmente nas empresas da indústria japonesa (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019).

Lean pode ser descrito como as práticas de produção que consideram desperdício o uso de recursos para algo que não envolva a criação de valor para o cliente final, sendo o seu principal objetivo produzir um produto assim que o mesmo tenha sido pedido pelo cliente (Anvari, Ismail & Hojjati, 2011). Tem como objetivo a criação de maior valor para o cliente final (sendo este o foco permanente), com menos trabalho e menos desperdício, ou seja, maior eficiência no processo. É uma abordagem que envolve uma grande variedade de práticas de gestão a nível de vários sistemas integrados, com o objetivo que todas as práticas trabalhem em sinergia para melhorar os sistemas de qualidade, produzindo os produtos ao ritmo que o cliente pretende com o mínimo desperdício (Shah & Ward, 2003). Taichii Ohno (1988) definiu os 7 principais desperdícios (*Muda*, em japonês), nomeadamente a sobreprodução, os tempos de espera, o excesso de processamento, o inventário, o transporte, a movimentação e os defeitos.

Womack e Jones (1997) acrescentaram como oitavo desperdício os bens e serviços não alcançarem as necessidades dos consumidores, ou seja, estar a acrescentar valor a um produto que não irá ser percecionado pelo cliente final. Foram definidos pelos autores os seguintes 5 princípios *Lean*: a definição de valor, a identificação da cadeia de valor, os fluxos contínuos, o sistema *Pull* e apontar sempre à perfeição.

Vários estudos desenvolvidos em diferentes contextos, seja em indústrias de processamento na Índia (Panwar, Jain & Rathore, 2015), na indústria médica da Namíbia (Isack, Mutingi, Kandjeke, Vashishth & Chakraborty, 2018), no setor da construção em Marrocos (Bajjou & Chafi, 2018), em empresas diversas na Arábia Saudita (Albliwi, Antony, Arshed & Ghadge, 2017), em empresas de manufatura na Irlanda (Iyede, Fallon & Donnellan, 2018) ou em Inglaterra (Bhasin, 2013) demonstram que a implementação do *Lean* se foca em aumentar a satisfação do cliente, melhorar a qualidade, eliminar desperdícios, diminuir custos de produção e aumentar a eficiência.

A MC é feita nas organizações através da utilização de várias ferramentas da qualidade e do *Lean*. Quase sempre há a necessidade de se utilizar mais do que uma ferramenta para implementar a filosofia *Lean*. Não podemos esperar que uma única ferramenta ou técnica seja a solução para todos os problemas (Bunney & Dale, 1997).

2.2.1 Ferramentas Lean

Como refere Nguyen (2014), a utilização das ferramentas de produção *Lean* traz benefícios como a redução de desperdício e o foco nos processos que originam a melhoria da qualidade e redução dos defeitos, diminuição do inventário, diminuição do espaço necessário, maior flexibilidade de produção, identificação de futuros pontos para melhoria, um ambiente de trabalho mais seguro e melhoria da moral dos trabalhadores.

Estas ferramentas ajudam na melhoria da qualidade e desempenho dos produtos, o que leva à melhoria a nível financeiro e de mercado (Liu, Niu & Li, 2020).

- **Value Stream Map – VSM;**

Um processo de melhoria começa geralmente com um mapa de fluxo de valor (VSM), que identifica, ao longo da cadeia de valor, as atividades de valor não acrescentado, levando à redução de tempos de entrega e ao aumento do valor criado (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019), podendo também ser usado por vezes para completar outras ferramentas da qualidade como os relatórios A3 ou as 8D's.

Como referem Abdulmalek e Rajgopal (2007), o VSM olha para o global e não para processos individuais. Os autores no seu trabalho, identificaram as áreas a necessitarem de melhoria, tais como: elevados níveis de stock ou as grandes diferenças entre o tempo de entrega e as operações que acrescentam valor (normalmente apenas cerca de 10%), e aplicaram as ferramentas *Lean*, entre estas o TPM (*Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total), podendo levar à redução dos tempos de entrega em mais de 70% em alguns setores e à redução de inventário em 90%.

- **Os 5 Porquês;**

Para resolver os problemas é necessário começar por identificar as causas raiz dos mesmos. Uma das ferramentas mais utilizadas para tal são os 5 Porquês (5 *Whys*), que como o nome indica, baseia-se em fazer uma sequência de 5 vezes a pergunta “porquê?”, aprofundando o nível de detalhe até se tornar difícil de responder, altura em que é identificada a causa raiz (Pojasek, 2000). Contudo, o ciclo de 5 porquês pode ser aumentado ou reduzido, caso os participantes sintam que para identificar a causa raiz são necessárias mais iterações ou já tem as suficientes (Kohfeldt & Langhout, 2012).

Esta técnica é menos sofisticada do que outras utilizadas para o mesmo efeito, sendo utilizado em situações mais operacionais. É uma técnica que pode levar à conclusão que o problema tem apenas uma causa raiz, quando pode ter mais (Braglia,

Frosolini & Gallo, 2017). Por esta razão, no final dum ciclo de 5 porquês, podem-se voltar a fazer mais ciclos quantos necessários, partindo de outra possível causa raiz.

No estudo de Pojasek (2000) uma equipa formada por elementos da produção, reuniu-se com o objetivo de aumentar a produtividade, evitando aumentar custos e desperdícios. Para tal executou 3 vezes o ciclo, obtendo 3 causas diferentes, o que permitiu abordar mais situações. Outro estudo, de Chen, Li e Shady (2010), pretendia perceber em que operação se situava o gargalo da operação, levando ao atraso das operações seguintes. Utilizando os 5 porquês, foi possível identificar que a razão da demora era o facto de não se estar a trabalhar com os parâmetros otimizados.

- **5S;**

Para a redução de desperdícios e otimização dos recursos, uma ferramenta *Lean* bastante utilizada é os 5S. É composta por 5 passos: Separação (*Seiri*), Organização (*Seiton*), Limpeza (*Seiso*), Padronização (*Seikatsu*) e Disciplina (*Shitsuke*), que estão interligados entre si e têm um papel importante para alcançar o sistema *Lean*, se implementados sistematicamente (Khan *et al.*, 2019).

Os 5S são das ferramentas mais importantes no combate à desorganização e à redução de desperdícios, pois ao conseguir ter todo o chão de fábrica organizado, limpo e padronizado, é mais facilmente visível onde se podem fazer melhorias que resultem em redução dos tempos inativos e do tempo de espera, aumentando a produtividade.

Como referem Ab Rahman, Khamis, Zain, Deros e Mahmood (2010), as empresas japonesas afirmam que os benefícios dos 5S são, não apenas melhorar o seu ambiente físico mas também o seu processo de pensar. Os autores fizeram um estudo de caso em duas empresas na Malásia. Em ambas foi demonstrado que as práticas 5S foram capazes de melhorar a performance a vários níveis. O mesmo estudo permitiu concluir que ambas tiveram dificuldades durante a implementação, tais como: a falta de comunicação, a falta de proximidade da gestão de topo com os operadores e a falta de consciência da importância dos 5S. Rojasra e Qureshi (2013) estudaram a aplicação dos 5S numa pequena empresa de moldes de injeção, obtendo uma redução dos desperdícios de 60% e um aumento de eficiência de 25%, concluindo que mesmo em empresas de pequena dimensão, os 5S são uma ferramenta poderosa.

- ***Poka-Yoke*;**

O *Poka-Yoke* é uma técnica muito utilizada para evitar a ocorrência de problemas. A sua implementação inicia-se pela categorização das características das

peças e detetar desvios das mesmas (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009). É necessário conhecer quais as falhas que podem ocorrer e quais as medidas a aplicar para as evitar (Pötters, Schmitt & Leyendecker, 2018).

Como refere Robinson (1997), o *Poka-Yoke* pode ser de prevenção (o sistema faz com que seja impossível errar durante o processo) ou de deteção (um sinal é dado ao utilizador quando um erro for feito, para que seja corrigido o mais rapidamente possível). O autor utilizou esta ferramenta como forma de prevenir que peças defeituosas chegassem aos clientes, atuando numa fase embrionária da produção, o que permitiu eliminar erros que posteriormente se iriam acumular e ser detetados já tarde de mais. Miralles, Holt, Marin-Garcia e Canos-Daros (2011) referem que o *Poka-Yoke* apesar de ter sido pensado originalmente para um ambiente de produção, pode ser aplicado em áreas diversas, como por exemplo num centro de trabalho para incapacitados. Os autores aplicaram o *Poka-Yoke*, permitindo uma maior acessibilidade do trabalho aos trabalhadores incapacitados (que até então não conseguiam fazer certas tarefas), além de melhorar a eficiência dos trabalhadores que passaram a conseguir fazer as tarefas, com um custo baixo e um aumento na produtividade.

- **Sistema Kanban;**

Outra ferramenta do *Lean* é o *Kanban*, cartões físicos ou digitais, utilizados para controlo de inventário, e que têm como função sinalizar a necessidade de mover matéria-prima ou novos componentes produzidos a partir do processo anterior (Nguyen, 2014). Existem 2 tipos de *Kanban*: de produção, que informam os trabalhadores da necessidade de produzir mais unidades de uma determinada peça, e de transporte, que permite informar a cadeia de valor da necessidade de movimentação de uma certa quantidade de peças do lugar A para o lugar B (Madanhire & Mbohwa, 2016).

Naufal, Jaffar, Yusoff e Hayati (2012) estudaram a aplicação desta técnica numa linha de produção de uma empresa. A aplicação desta técnica permitiu diminuir o tempo de entrega em 40% e o inventário em 25%. Por sua vez, Sabaghi, Rostamzadeh e Mascle (2015) estudaram a aplicação desta técnica numa empresa na indústria dos plásticos, juntamente com o sistema MPT (Manutenção Produtiva Total), o que permitiu uma redução do nível de inventário em 77% e do tempo de entrega em 98%.

A implementação das práticas *Lean* são frequentemente associadas a melhorias no desempenho operacional, sendo que a maioria dos estudos empíricos se focaliza no

impacto da implementação destas práticas no desempenho operacional, em particular o *Just in Time* e a Gestão pela Qualidade Total (Shah & Ward, 2003).

- ***Just in Time* - JIT**

JIT é um sistema de produção desenvolvido aquando do *Toyota Production System* por Taichii Ohno, chefe de produção na Toyota, que identificou que a sobreprodução seria o maior desperdício na produção, e portanto iria passar a produzir apenas o que o cliente quer, quando quer, sem atrasos resultantes do inventário (Nguyen, 2016). É uma filosofia de produção que tem como objetivo eliminar desperdício e todas as atividades que adicionam custo ao processo produtivo sem adicionar valor ao produto (Madanhire & Mbohwa, 2016), promovendo o *layout* da produção modular para reduzir significativamente o inventário e o WIP (*Work in Progress*) (Nguyen, 2014). As práticas de Gestão pela Qualidade Total, também inseridas na filosofia *Lean*, serão abordadas na próxima secção.

- **A3**

Desenvolvido pela Toyota, é um relatório numa folha A3, tendo como função fazer propostas para melhorias e o seguimento das ações aprovadas (Matthews, 2018). Como referem Holmemo, Rolfsen e Ingvaldsen (2018), é constituída uma equipa por um líder que tem como função definir, analisar e sugerir soluções para uma situação, através de perguntas pertinentes que irão ajudar a desbloquear o processo. No seu trabalho explicam que a A3 não é uma ferramenta, mas um processo, um *mindset* com o foco no cliente. A A3 é composta por: tema, historial, condição atual, análise da causa raiz, condição alvo, plano de implementação e *follow-up* (Chakravorty, 2009).

Esta metodologia envolve a utilização de várias ferramentas durante o seu processo. Por exemplo, o estudo de Chakravorty (2009) mostra a aplicação da A3 numa empresa com o objetivo de melhorar 3 processos, através de 4 fases: preparação e treino, o uso do VSM para perceber a condição atual, análise do que se pretende no futuro e implementação das medidas. Para tal, foram utilizadas os 5 porquês, o diagrama causa-efeito, o histograma, o diagrama de Pareto, a análise de variância, regressões e o *design of experiments* (DOE). O estudo revelou que um dos processos melhorou a eficiência em 60%, noutro os retrabalhos no WIP (*Work In Progress*) passaram de 70 ocorrências mensais para 8, e no último os valores de processamento estabilizaram.

2.2.2 *Gestão pela Qualidade Total (GQT)*

Chen, Anchecta, Lee e Dahlgaard (2016) definem GQT como fazer o produto bem, à primeira, no tempo certo, apontando à melhoria e à satisfação do cliente e envolvendo todos os departamentos. Os autores referem também que a GQT tem como foco assegurar que todos os recursos duma organização são colocados estrategicamente no sentido de ir ao encontro das necessidades dos clientes, usando ferramentas estatísticas para medir os resultados. É um sistema de MC centrado nas necessidades do cliente, empregando uma gestão participativa (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Os seus princípios são os pilares nos quais os modelos de excelência são desenvolvidos e nos quais as empresas criaram a filosofia de gerir para obter o sucesso a longo prazo, melhorando o seu desempenho (Gómez, Martinez & Martínez, 2017). A abordagem da GQT pode ser resumida nos seguintes passos (Campatelli, Citti & Meneghin, 2011):

1. Identificação dos clientes, fornecedores e outros intervenientes do processo;
2. Avaliação do cliente e outros intervenientes nos processos;
3. Processo de entrega dos serviços/produtos;
4. Desenvolvimento de estratégias para reduzir o tempo para levar a cabo o processo e responder imediatamente a erros;
5. Promover uma MC de forma a fazer uma avaliação contínua da satisfação dos clientes e dos indicados de eficiência dos processos.

Como demonstraram no seu estudo Lin e Chang (2006), as práticas de GQT têm um efeito positivo na performance operacional da empresa. Os autores mostraram também que diferentes práticas levaram a diferentes desempenhos, sendo que as empresas com um elevado nível de implementação da GQT obtiveram melhores resultados do que as restantes. A filosofia GQT refere que a gestão de processos deve ser conduzida seguindo o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act* ou planejar, fazer, verificar e atuar), sendo uma das ferramentas mais utilizadas no *Kaizen* (Berger, 1997).

O ciclo PDCA, utilizado desde meados de 1950 pelos Japoneses para melhorar a qualidade dos seus produtos e serviços, inicia-se com a elaboração de um plano para atuar sobre um processo, seguido pela sua execução que terá resultados, resultados esses que terão de ser analisados e sobre os quais será necessário atuar, de forma a melhorar o processo (Dahlgaard, Kristensen & Kanji, 1995). O ciclo PDCA, também chamado de ciclo de Deming, o seu criador, é mais do que apenas uma ferramenta de qualidade, sendo um conceito fundamental de processos de MC que deve ser absorvido pela

cultura das organizações (Soković, Pavletic & Pipan, 2010). Este ciclo é muitas vezes utilizado englobando outras ferramentas, como será apresentado posteriormente.

A GQT envolve a aplicação de várias técnicas e ferramentas da qualidade. A sua seleção é crucial para desenvolver o processo de melhoria da qualidade, sendo que o uso de uma ferramenta tem que estar relacionado com o nível de qualidade da empresa (Bunney & Dale, 1997), ou seja, é necessário perceber primeiro a situação da empresa e as suas necessidades, para poder utilizar as ferramentas da qualidade adequadas.

2.2.3 Ferramentas da Qualidade

Existe uma grande quantidade de ferramentas de qualidade para otimizar os processos do chão de fábrica, o que torna difícil a escolha da ferramenta certa para cada situação (Pötters *et al.*, 2018). As empresas têm de ser flexíveis e capazes de resolver rapidamente os seus problemas (Korenko, Krocko, Zitnak, Foldesiova, Adamik, Allo & Kuzenko, 2013) e para tal precisam de ser capazes de decidir a ferramenta que melhor se adequa a cada situação.

Existem 7 ferramentas básicas da qualidade, que permitem dar resposta a uma série de questões relacionadas com a qualidade (Herbert, Curry & Angel, 2003): folha de verificação (quantas vezes ocorrem os problemas?), diagrama de dispersão (quais as relações entre os fatores?), histograma (como é a distribuição de uma característica da qualidade), diagrama de Pareto (quais os problemas que ocorrem com maior frequência?), diagrama de causa-efeito (o que causou o problema?), fluxograma (o que está a ser feito/como está a ser feito?) e as cartas de controlo (que tipo de causas estão presentes no processo e como podem ser controladas?) que são utilizadas em inúmeras situações, muitas vezes em simultâneo com outras ferramentas da qualidade e *Lean*.

As 7 ferramentas básicas da qualidade supra mencionadas são úteis e eficazes na identificação e eliminação de defeitos dos processos (Muhammad, 2015), sendo fáceis de aprender e utilizar, podendo ser utilizadas em todos os processos, do projeto à distribuição (Sokovic, Jovanovic, Krivokapic & Vujovic, 2009). As 7 ferramentas são divididas em 2 grupos: a aquisição de dados (folha de verificação, histograma e carta de controlo) e o processo da análise dos dados (com as restantes ferramentas) (Sokovic *et al.*, 2009). Estas ferramentas são descritas de forma breve de seguida:

- **Folha de verificação e registo**

É uma folha de recolha de dados, que serve para os guardar e classificar dados (Shahin, Arabzad & Ghorbani, 2010), permitindo uma visualização mais fácil dos

mesmos. Estes dados podem ser utilizados na aplicação de outras ferramentas como o diagrama causa-efeito ou o histograma (Muhammad, 2015).

- **Diagrama de dispersão**

Representa graficamente uma relação entre duas variáveis (Duffuaa & Ben-Daya, 1995). É uma ferramenta que permite ter uma visão dos dados, de forma a perceber se existe alguma tendência ou correlações (He, Staples & Ross, 1996).

- **Histograma**

É o gráfico mais utilizado dentro de todas as ferramentas da qualidade, sendo uma representação gráfica de dados numéricos (Muhammad, 2015). É um gráfico de barras que apresenta a distribuição de frequências de observações agrupadas em intervalos de classes e organizados em ordem crescente, sendo úteis para estudar a forma da distribuição (Magar & Shinde, 2014).

- **Diagrama de Pareto**

Esta ferramenta origina da observação do economista italiano Vilfredo Pareto de que grande parte da riqueza estava nas mãos de um pequeno grupo de pessoas e que este padrão de distribuição era comum na maioria dos campos (Magar & Shinde, 2014), um dos quais relaciona que 80% dos problemas provêm de 20% das causas (Shahin *et al.*, 2010). É usado para identificar os defeitos, causas ou problemas que ocorrem com maior frequência e para visualizar os efeitos do esforço de melhoria (He *et al.*, 1996).

- **Diagrama espinha de peixe, ou causa-efeito, ou de Ishikawa**

Criado pelo Dr. Ishikawa, ajuda a resumir os resultados da análise de causa e efeito, dividindo cada possível causa raiz por grupos (Método, Mão-de-obra, Medição, Meio Ambiente, Máquina, Matéria-Prima e Gestão) (Shahin *et al.*, 2010) num formato similar a um peixe, correspondendo cada espinha a um grupo de possíveis causas e sub-causas (Hagemeyer, Gershenson & Johnson, 2006). É uma ferramenta eficaz para gerar ideias sobre possíveis causas dos problemas (Magar & Shinde, 2014).

- **Fluxograma**

São utilizados para representar graficamente os processos (Shahin *et al.*, 2010).

- **Cartas de controlo**

As cartas de controlo fazem parte do *Statistical Process Control* (SPC), controlam os valores obtidos para determinada característica utilizando dois limites, o limite superior de controlo e o limite inferior de controlo (Muhammad, 2015). Ajudam a perceber se o processo monitorizado está a funcionar conforme o pretendido e quando

são necessárias ações corretivas (Shahin *et al.*, 2010), ajudando a perceber se o processo é estável e quais os efeitos das ações das melhorias (He *et al.*, 1996).

Vários estudos mostram a aplicação conjunta de várias ferramentas da qualidade. Awaj *et al.* (2013) descrevem a aplicação de mais do que uma ferramenta básica da qualidade, nomeadamente as cartas de controlo, o diagrama de Pareto e o diagrama de causa-efeito para detetar e identificar as causas do problema, resultando em melhorias que levaram à redução das rejeições e retrabalho. Por sua vez, o trabalho de Realyvásquez-Vargas, Arredondo-Soto, Carrillo-Gutiérrez e Ravelo (2018), mostra que após o ciclo PDCA, utilizou-se o fluxograma, o diagrama de Pareto e as folhas de verificação e como consequência, conseguiu-se reduzir mais de 60% o número de defeitos e aumentar a capacidade das linhas de produção em 20%. O trabalho de Aichouni (2012), mostrou que a utilização conjunta do histograma, do diagrama de causa-efeito, do diagrama de Pareto e das cartas de controlo, ajudou a melhorar os processos e a poupar recursos. Patel, Shah e Makwana (2014) no seu estudo mostraram que a utilização das 7 ferramentas permitiu perceber as causas raízes dos problemas, quais os custos devido ao desperdício e rejeição e o nível de desempenho do processo. O estudo de Sousa, Aspinwall, Sampaio e Rodrigues (2005), mostrou que o uso destas ferramentas nas empresas portuguesas é feito principalmente recorrendo a folhas de verificação, fluxogramas, histogramas, análise de Pareto e diagrama de causa-efeito.

Existe uma grande variedade de ferramentas, sendo que empresas similares têm necessidades diferentes e, por consequência, utilizam diferentes ferramentas. De acordo com Fonseca, Lima e Silva (2015), em Portugal há uma divisão das ferramentas mais usadas no sector da indústria (cartas de controlo) e no dos serviços (folhas de verificação, fluxogramas e histogramas). Noutros países foram elaborados trabalhos que permitiram perceber que o uso das ferramentas da qualidade é semelhante ao referido para o caso português, como é o caso do trabalho de Djekic, Tomasevic, Zivkovic e Radovanovic (2013) sobre empresas da indústria alimentar na Sérvia, que mostrou que as ferramentas mais utilizadas eram o fluxograma, as folhas de verificação e registo e o histograma. O trabalho de Fotopoulos e Psomas (2009) sobre empresas na Grécia, mostrou também que as ferramentas mais utilizadas eram a folha de verificação e registo, o fluxograma, e o histograma. Um estudo realizado com empresas na Turquia, revelou que as ferramentas mais utilizadas eram as cartas de controlo, o histograma, o fluxograma e as folhas de verificação e registo (Ozgur, Meek & Toker, 2002).

- **8D**

É a ferramenta selecionada pela indústria automóvel alemã para lidar com problemas e os comunicar aos fornecedores (Behrens, Wilde & Hoffmann, 2007). Não é um método para utilizar uma única vez, mas sim um processo contínuo para responder às reclamações dos clientes, que envolve o trabalho de uma equipa a trabalhar unida, apoiando-se em factos para a resolução de um problema (Riesenberger & Sousa, 2010), a equipa deve ser multidisciplinar, com diferentes competências, mas familiarizados com os processos da empresa e os requisitos dos clientes (Krajnc, 2012).

Como refere Krajnc (2012), a metodologia 8D é um procedimento para a sistemática introdução de melhorias e eliminação de problemas e erros, podendo ser usada num produto, num sistema ou num processo. O autor afirma ainda que é usada como uma ferramenta de MC ao nível do sistema e processo e como resolução de problemas ao nível do produto, sendo composta por 8 passos, nomeadamente:

- D1 - Definição da equipa, com elementos com as competências adequadas;
- D2 - Descrição do problema, com o máximo de informação concreta;
- D3 - Desenvolver ações corretivas/preventivas/preditivas;
- D4 - Definir e analisar a causa raiz, podendo ser utilizadas ferramentas como os 5 porquês, diagrama de Ishikawa ou *brainstorming*;
- D5 - Determinar ações corretivas permanentes;
- D6 - Implementar e validar ações preventivas permanentes;
- D7 - Prevenir a recorrência;
- D8 – Conclusão do problema e reconhecimento da equipa.

Na literatura existem diversos exemplos onde a 8D é utilizada para resolver os problemas associados a reclamações dos clientes, como no caso do estudo de Riesenberger e Sousa (2010) que aplicaram a 8D numa empresa onde, apesar de já estar implementada, era um processo moroso. A empresa necessitava que a qualidade e velocidade da resolução de problemas fosse melhorada de forma a reduzir custos, reduzir reclamações e aumentar a satisfação do cliente. Após a implementação da 8D, as reclamações diminuíram 44%, o uso dos recursos melhorou, a definição clara de responsabilidades neste processo também, o que levou a uma mais rápida clarificação das tarefas de cada membro e, consequentemente, a sua execução.

No caso do estudo desenvolvido por Krajnc (2012), após a aplicação da metodologia 8D, o nível de qualidade aumentou, ao reduzir os defeitos nas peças em cerca de 97% e reduziu os custos da não qualidade para praticamente metade.

As 8D são uma técnica na qual são utilizadas outras ferramentas no decorrer da mesma. No caso do estudo realizado por Broday e Júnior (2013) os autores mostram que a utilização do ciclo PDCA e dos 5 porquês, dentro do contexto dum processo 8D, levou a uma redução do tempo da resolução de problemas em 30%, um mês depois da sua implementação. Por sua vez, no caso do estudo de Krajnc (2012), os autores mostram a utilização do ciclo PDCA, do diagrama de Ishikawa, do diagrama de Pareto e dos 5 porquês durante a utilização dos 8D para identificar os problemas, eliminar as suas causas e assegurar o aumento da qualidade e redução de custos.

- **Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE);**

Outra ferramenta da qualidade muito utilizada é a Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE), do inglês *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA). Lipol e Haq (2011) referem que a AMFE, tem como função reconhecer a maior quantidade de modos de ocorrência de falhas, concluir os seus efeitos no processo, e categorizar ações para as diminuir. Os autores afirmam ainda que, visto ser impossível antecipar todos os modos de falha existentes, a equipa de melhoria tem de criar uma lista de modos de falha: é tido em conta o valor do RPN (número prioritário de risco), calculado pela multiplicação da S (severidade) pela probabilidade de ocorrência O (ocorrência) e pela probabilidade de deteção D (deteção) numa escala de 1 a 9. O processo com maior RPN, é o mais urgente a ser corrigido. Se as falhas tiverem o mesmo valor, a forma de decidir qual corrigir primeiro segue a ordem Severidade, Ocorrência, Deteção.

No estudo de Lipol e Haq (2011) aplicou-se o AMFE numa empresa que tinha valores de RPN entre os 150-260. Após as ações corretivas, o valor desceu para valores entre os 30-100. Liu, Cheng, Lee e Gau (2016) estudaram a aplicação desta metodologia numa empresa na qual os requisitos do cliente e alguns problemas de *design* levaram a que fosse despoletado um processo para identificar os fatores críticos para os melhores *designs*. Após a aplicação do FMEA, o número de produtos com defeito diminuiu, tal como o RPN e as queixas dos clientes, sendo que estas diminuíram em cerca de 90%, verificando-se uma redução das perdas e um aumento da competitividade.

3. METODOLOGIA

A estratégia de investigação seguida no presente estudo foi o estudo de caso. O estudo de caso é uma estratégia que tem vindo a crescer cada vez mais (Meirinhos & Osório, 2010), sendo a estratégia indicada quando se colocam questões do tipo “como” e “porquê”, quando o investigador tem pouco controlo sobre os eventos e nos referimos a acontecimentos contemporâneos (Yin, 2018). O estudo de caso permite estudar um problema, a sua causa e as suas dinâmicas.

Os clientes referidos neste trabalho, por questões de confidencialidade, serão referidos como AEIOU ou XPTO, o mesmo para as pessoas envolvidas, que serão referidas como Engenheiro FFF ou *Team Leader* RRR.

O presente estudo é exploratório, na medida em que tem como objetivo explorar como são utilizadas as ferramentas da qualidade nos processos de MC da empresa MCG, servindo como uma primeira abordagem ao tema.

A recolha de dados foi feita através de consulta de documentos, e do sistema informático da empresa estudada, mas também através de observação direta, junto à linha de produção. Foram ainda realizadas entrevistas semiestruturadas aos colaboradores envolvidos nos processos de melhoria, de forma a obter uma visão geral de todo o processo de aplicação das ferramentas na prática.

A abordagem de investigação adotada será a Indutiva, pois a mesma baseia-se na recolha de dados que serão analisados de forma a alcançar um conceito e a partir do mesmos, deduzir uma teoria (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2007).

A empresa abordada neste trabalho é a MCG - Mind For Metal, situada no Carregado. Como todas as empresas portuguesas, a MCG enfrenta o problema de se localizar num mercado pequeno e, como tal, aposta fortemente na exportação, sendo o principal sector para o qual trabalha o automóvel. Ao longo deste trabalho serão analisadas três situações onde são aplicadas ferramentas da qualidade:

- 1) Melhoria dos processos existentes;
- 2) Problemas de qualidade detetados nas linhas de produção;
- 3) Reclamações de clientes.

As ferramentas aplicadas em cada uma das situações serão apresentadas, bem como o modo de aplicação das mesmas.

Através das entrevistas realizadas com os responsáveis pela gestão da qualidade, da engenharia do processo e um operador da linha de produção, será possível perceber

quais as opiniões, dificuldades e sugestões que estes têm para as ferramentas utilizadas, nomeadamente, a A3 e 8D e outras ferramentas utilizadas dentro destas, como os 5 porquês, diagrama causa-efeito e o *Poka-Yoke*.

O estudo será do tipo misto, pois como Yin (2018) refere, existe uma combinação de métodos de recolha e análise de dados quantitativos mas também qualitativos. Relativamente ao quadro temporal da investigação será o transversal, pois o trabalho será focado num determinado momento, onde será feita a recolha dos dados qualitativos e quantitativos.

A amostra seleccionada para as entrevistas dentro da fábrica foi feita tendo em consideração o conhecimento e o envolvimento dos entrevistados nos processos e na aplicação das ferramentas estudadas. Foram assim seleccionados como respondentes chave: o diretor da engenharia de processo, um engenheiro de processo, o responsável pela qualidade e um operador, de forma a ter várias visões do processo (Saunders *et al.*, 2007). Relativamente aos clientes sobre os quais incidiu a análise dos dados, o critério para seleção foi o facto de pertencerem ao top-5 de clientes com maior faturação para a empresa.

Os tipos de dados relativamente às entrevistas, qualitativos, serão primários, visto serem novos, recolhidos propositadamente para o estudo em questão. Quanto aos dados quantitativos, serão secundários, pois já existem, tendo sido recolhidos previamente pela empresa.

A seleção da entrevista em vez de questionário prende-se com o facto do estudo ser exploratório e de se pretender ter um conhecimento mais aprofundado dos factos, que não seria possível por um questionário. A entrevista é um ótimo instrumento para captar a diversidade de descrições e interpretações das diferentes pessoas sobre a realidade (Meirinhos & Osório, 2010).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Caracterização da Empresa

A empresa retratada neste trabalho é a MCG – Mind For Metal, empresa portuguesa localizada no Carregado, e que conta com mais de 60 anos de existência. Tem a sua visão assente em 4 pilares: reconhecimento mundial, progresso contínuo, impacto socioeconómico local e pessoas mais felizes, tendo desenvolvido diversos acordos com empresas locais como farmacêuticas, clínicas, óticas, papelarias, ginásios, cafés, agências de viagens e oficinas que oferecem descontos aos trabalhadores da mesma. O nome da empresa tem origem nas siglas do seu fundador, Manuel da Conceição Graça.

Atualmente com mais de 500 trabalhadores na sua fábrica no Carregado, além de um gabinete na Alemanha com pessoal especializado que trabalha no *procurement* de futuros negócios, a empresa encontra-se dividida em quatro áreas principais: *Transportation*, *Laser*, *Tooling* e *Automotive*. A área de *Transportation* refere-se a uma tecnologia relacionada com pisos aquecidos para comboios e autocarros. A área de *Laser* consiste no corte de chapas através de tecnologia laser, englobando igualmente a quinagem e a soldadura. As duas últimas áreas estão relacionadas entre si, sendo o *Tooling* o fabrico de moldes para a estampagem de peças para a indústria automóvel e o *Automotive* a estampagem das próprias peças, sendo nesta que será desenvolvido o presente estudo.

É uma empresa que trabalha para vários clientes de renome a operar em Portugal para a indústria automóvel como a Autoeuropa, a PSA ou a Faurecia, mas também a nível internacional como a Alstom da indústria das ferrovias, para França, Marrocos e Canadá (área na qual está certificada pela EN 15085 TÜV Rheinland). A empresa tem várias certificações entre estas, a certificação ISO 9001, a IATF 16949, ou a certificação NP EN ISO 14001:2015, algumas das quais por exigência dos seus clientes.

4.2 Práticas de MC

Após a seleção da empresa, começou-se por perceber como é que a empresa reagia em dois tipos de situação diferentes: iniciar um processo de MC dos seus processos e como era a resposta a não conformidades internas ou externas (detetadas por parte do cliente).

Relativamente à criação de um processo de melhoria contínua, a empresa adota o relatório A3, que é uma folha com o formato do A3 e que permite fazer as propostas para melhoria e o consequente seguimento das mesmas.

Como refere o responsável pela Engenharia de processo, esta é uma ferramenta que foi adaptada à relativamente pouco tempo pela empresa para as situações de melhoria, tendo havido um grande esforço em termos de formação, de forma a que se tornasse na ferramenta utilizada por todos neste tipo de situações.

As oportunidades de melhoria podem partir:

- Dos operadores dos equipamentos pois são eles que melhor os conhecem devido ao seu contacto constante com os mesmos;
- Da equipa da Engenharia de processo que têm semanalmente reuniões com vista à otimização e redução de desperdício;
- Da equipa da qualidade que, através da leitura das cartas de controlo, identificam se existem tendências, excesso de variabilidade e outros indicadores de causas especiais de variação.

Quando é iniciado um processo de melhoria, é aberto no sistema informático uma folha A3 com a indicação da situação que se quer melhorar, com uma descrição detalhada, de forma a qualquer pessoa que consulte o ficheiro futuramente possa perceber com relativa facilidade qual a melhoria que foi implementada.

Há um responsável para cada folha A3 aberta, sendo ele o único que tem acesso à edição do documento. Este identifica as pessoas de diferentes áreas que considera necessárias para a implementação desta melhoria específica, criando assim uma equipa multifacetada capaz de olhar para a situação, planear a melhor forma de a melhorar, atuar no chão de fábrica para a ver implementada, avaliar o seu desempenho e conseguir perceber se se conseguiu alcançar o resultado pretendido, ou tem de se partir para outra solução (basicamente, atuar sobre um ciclo PDCA).

No presente trabalho será apresentada, a título de exemplo, a aplicação de uma A3 para melhoria de um processo específico.

4.2.1 Aplicação da A3

A aplicação da A3 estudada neste trabalho é referente à redução do custo de sucata devido à falta de tinta em peças.

O processo iniciou-se em abril de 2019 e partiu de um alerta por parte de um operador ao afirmar que cada vez mais lhe estavam a chegar peças com falta de tinta, e

que tinha começado a reparar nisto desde o início do ano. Este alerta chegou ao departamento de qualidade, que fez a respetiva análise na reunião matinal que têm diariamente onde analisam todas as situações levantadas pela produção ou detetadas na análise estatística dos dados.

Após a reunião, foi decidido que esta era definitivamente uma questão pertinente, pois a falta de tinta pode levar, em última instância, a sucatar-se peças. Além disso, era uma situação que não estava a melhorar, antes pelo contrário. Foi então decidido passar esta situação para a Engenharia de processo, pois esta era uma oportunidade de melhoria, onde teriam de ser tomadas medidas a nível do processo existente.

A situação foi então apresentada à Engenharia, tendo ficado responsável a Engenheira de processo AAA. Para perceber se realmente as suspeitas do operador estavam corretas, foi analisado o período janeiro a maio de 2018 em comparação com o período de janeiro a maio de 2019. Os resultados podem ser vistos na Tabela I. Com a análise dos dados da Tabela I conseguimos perceber que, apesar da produção ter diminuído cerca de 15%, a percentagem de peças com falta de tinta mais do que duplicou, o que é um indicador que realmente a situação tem vindo a deteriorar-se nos últimos tempos.

Tabela I: Número de peças inspecionadas vs número de peças com falta de tinta

Período	Número de peças (números demonstrativos)	% de peças com falta de tinta (números demonstrativos)
janeiro-maio 2018	1.500.000	0,2%
janeiro-maio 2019	1.300.000	0,46%

Fonte: Elaboração própria

Para resolver este assunto e otimizar o processo, a responsável por esta melhoria optou por abrir uma folha A3, o procedimento normal para este tipo de situações, por forma a identificar o problema, definir as medidas a tomar e acompanhar o processo.

Neste caso esta oportunidade de melhoria foi identificada pela produção e verificada pela qualidade, o local foi a área da pintura, a data foram os meses de janeiro a abril de 2019, cerca de 5000 peças das referências XPTOx, XPTOy e XPTOz apareceram com falta de tinta, levando a um custo de cerca de 8000€ de sucata.

De seguida, definiu-se o objetivo do relatório A3. Este é delineado pelo responsável deste projeto, um objetivo realista e atingível, que permita ganhos válidos para a empresa. Nesta situação, os objetivos passam pela redução do número de peças com falhas na pintura em 80%.

O passo seguinte é a análise, na qual é comum o A3 auxiliar-se de uma ou mais ferramentas *Lean* e/ou da qualidade para analisar a situação de forma simples e eficaz. Neste caso em particular, as ferramentas utilizadas foram o diagrama causa-efeito e os 5 porquês.

O diagrama causa-efeito é uma ferramenta que os Engenheiros de processo na empresa muito utilizam, afirmando que com ela conseguem mais facilmente chegar a conclusões sobre o problema, pois a identificação do campo é clara, e assim conseguem mais rapidamente perceber quem devem contactar que os possa ajudar a responder às suas questões.

A responsável por este processo utilizou o modelo vigente na MCG para o diagrama causa-efeito, apresentado já preenchido na Figura 1.

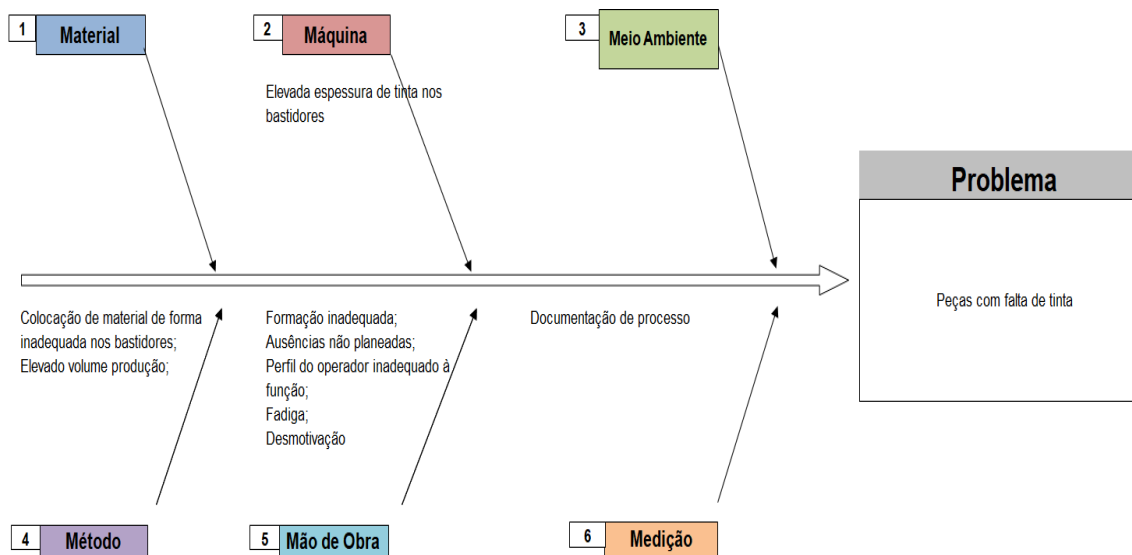


Figura 1 – Diagrama causa-efeito utilizado na aplicação da A3

Fonte: MCG – Mind for Metal

Dentro de cada um dos 6 campos começou-se por analisar quais poderiam ser as potenciais causas. De seguida definiu-se que ação se podia implementar de forma a

confirmar (ou não) a potencial causa como causa raiz e, após cada ação ser fechada, concluiu-se se era uma causa raiz ou não. Os resultados estão apresentados na Tabela II.

Tabela II: Tratamento da informação referente ao diagrama causa-efeito na aplicação da A3.

Campo	Potencial Causa	Ação a tomar	Conclusão
Material	Nada a registar	-	-
Máquina	Elevada espessura da tinta	Implementar plano de controlo de decapagem	Verificou-se que a espessura acumulada é mínima mas pode ter relevância
Meio Ambiente	Nada a registar	-	-
Método	Elevado volume de produção	Comparação com período homólogo	Não é causa, pois a produção diminuiu e os casos aumentaram
	Colocação inadequada das peças	Verificação do processo de aplicação de tinta	Potencial causa, peças não estavam a fazer o correto contato com o dispositivo de tinta, levando a que algumas peças não recebessem a quantidade adequada de tinta
Mão-de-obra	Formação inadequada	Avaliar se entrada de novos colaboradores afeta número de defeitos	Formação considerada demasiado simples, sem explicar a fundo os problemas resultantes de todas as ações, o que pode levar a algum desleixo
	Ausências não planeadas	Analisar se pico de defeitos coincide com número de ausências	Alguns operadores não estavam presentes na altura do pico dos defeitos
	Desmotivação e perfil desadequado	Analisar a rotatividade dos operadores, comparando com período homólogo	Maior rotatividade, causado por ausências não planeadas, levou a que operadores não habituados à tarefa, tivessem de a realizar.
	Fadiga	Analisar se aumento de defeitos se deveu a aumento das horas extra	Devido aos períodos com operadores de baixa, aumentou a necessidade de horas extra.

Medição	Documentação incorreta	Analisar documentação do procedimento	Documentação correta, logo não é uma potencial causa
---------	------------------------	---------------------------------------	--

Fonte: Elaboração própria

Os resultados obtidos com a aplicação desta ferramenta permitem perceber a importância e as vantagens da sua utilização, pois além de se ter encontrado uma causa raiz para esta situação, conseguiu-se identificar um conjunto de outras potenciais causas que se passaram a monitorizar. Esta análise permitiu ainda rever todo o processo, melhorando o conhecimento sobre o mesmo.

Após esta análise foi aplicada a técnica dos 5 porquês a todas as potenciais causas assinaladas no diagrama de espinha de peixe. Nas entrevistas elaboradas aos entrevistados, todos referiram usar esta ferramenta quase diariamente, quer pela facilidade da sua aplicação, quer pelo facto de ser bastante útil e eficaz na deteção da causa raiz.

Os resultados são apresentados na seguinte Tabela (III), onde estão apresentadas na coluna da esquerda as possíveis causas, e à direita os 5 porquês respetivos.

Tabela III: 5 porquês referente à aplicação da A3

Causas	Porquês
Elevada espessura de tinta residual que existia nos equipamentos onde seria aplicada a tinta	1 - Existe uma elevada espessura de tinta nos equipamentos de aplicação de cola; 2 - Porque a espessura de tinta aumenta à medida que as utilizações dos equipamentos aumentam, sem a devida decapagem; 3 - Porque não é feita a decapagem com regularidade.
Colocação do material de forma inadequada nos equipamentos para a aplicação de cola	1 - O material, às vezes, não é colocado da forma mais adequada; 2 - Porque não rasga a camada de tinta existente, permitindo o contato metálico peça-equipamento; 3 - Porque os operadores não fazem o movimento descrito na instrução de trabalho; 4 - Porque não tiveram formação e/ou estão cansados ou desmotivados
Formação inadequada	1 - A formação dada não é a adequada; 2 - Porque os operadores são colocados na linha com tempo de integração inadequado; 3 - Porque a entrada de operadores nesta linha está prevista ser feita

	apenas com integração básica; 4 - Porque não há tempo de integração de novos operadores para estes processos.
Ausências não planeadas	1 - Situações e ausências não planeadas; 2 - Porque existe desgaste físico causando baixas médicas; 3 - Porque as tarefas são exigentes e há pouca rotatividade; 4 - Porque não existem operadores com valências necessárias para esta tarefa específica nas outras linhas de produção da empresa.
Fadiga / Desmotivação	1 - Há situação de fadiga/desmotivação; 2 - Porque as ausências não planeadas obrigam a horas extra; 3 - Porque não existem operadores com valências necessárias para esta tarefa específica nas outras linhas da empresa.

Fonte: Elaboração Própria

Após a utilização destas duas ferramentas da qualidade, e da identificação das potenciais causas, utilizou-se a metodologia PDCA (planear, fazer, controlar e atuar).

A fase do planeamento iniciou-se com a elaboração da seguinte lista de ações corretivas:

- Verificação do plano de manutenção do equipamento de aplicação de cola;
- Implementar ações de familiarização à linha de produção, postos de trabalho e documentação;
- Criar um procedimento que exige *On-Job-Training* documentado por parte da produção;
- Formação de operadores de outras áreas, acerca do modo de execução das tarefas nesta área para que possam ajudar nos picos de produção ou nas situações de ausências não planeadas.

A Engenheira de Processo AAA e a *Team Leader* RRR dividiram entre si as ações corretivas a implementar no período de junho a setembro de 2019 (período de 3 meses), tendo recolhido os dados em janeiro de 2020 (3 meses após a implementação do PDCA).

Ao longo deste período foi elaborado um plano de decapagem que tem sido cumprido (acompanhado semanalmente pela *Team Leader* RRR). Foi também dada a formação aos operadores aquando da sua integração na equipa, mas também a outros operadores desta unidade de forma a fazer face a ausências não planeadas. Em termos

de peças com falhas na pintura, foi obtida uma redução dos valores existentes (0,46%), para cerca de metade, valor aproximado dos valores que existiam antes de ter sido dado o alerta que despoletou o processo A3. Futuramente a formação continuará a ser dada, tentando abranger o máximo de operadores possível, dentro das que possam um dia vir a ser necessárias operar com a máquina.

4.3 Resolução de Problemas

Relativamente à resolução de problemas de qualidade, existem duas situações distintas. O problema é detetado internamente e, outra considerada mais grave, o problema é detetado pelo cliente já nas suas instalações e é feita uma reclamação externa.

A ferramenta utilizada para ambos os casos é a 8D. No presente trabalho, foram analisadas as formas de resolução de problemas para as duas situações referidas anteriormente, nomeadamente: um problema detetado dentro da MCG e outro detetado pelo cliente XPTO (não revelado por questões de confidencialidade) e reportado através duma reclamação externa.

Na MCG, como refere Engenheira de processo AAA, a ferramenta é utilizada para as situações de resposta a reclamações e problemas de qualidade, sendo assim uma das ferramentas mais utilizadas na empresa. É feita ciclicamente uma formação externa direcionada, quer a colaboradores que já utilizem a ferramenta, de forma a lembrarem as melhores práticas, quer a colaboradores que desconheçam a 8D, com o intuito de dar a conhecer esta ferramenta e as suas vantagens a cada vez mais colaboradores.

4.3.1 Resolução de um Problema Interno

O problema detetado internamente, e que será alvo de análise no presente estudo, está relacionado com a deteção, na linha de montagem, de uma peça à qual foi soldada um perno de diâmetro M6, quando deveria estar soldado um perno de diâmetro M8. Este tipo de problema, chegando ao cliente final, iria dar origem a uma reclamação e consequente compensação financeira e perda de confiança, visto impossibilitar a montagem final do componente.

Para perceber a razão da ocorrência deste problema, foi reunida a equipa da Engenharia de Processo que nomeou o Engenheiro de Processo FFF para líder deste processo. A primeira medida tomada foi a abertura de uma 8D. A mesma começou com a definição da equipa responsável, o líder do processo decidiu envolver o *Team Leader*

da área onde foi detetado o problema, o programador da robótica e um membro da equipa da qualidade.

Com a descrição do problema elaborada, iniciou-se o processo de contenção, de forma a evitar a propagação do erro a outras peças. Isto foi feito sucutando a peça onde foi detetada a falha. De seguida inspecionaram-se todas as peças que se encontravam na fábrica já montadas, para perceber se este tipo de falha tinha ocorrido em mais peças.

Por fim, verificou-se se existiam peças em trânsito entre a MCG e o cliente para o qual as peças estavam a ser produzidas e chegou-se à conclusão que não existiam. Com a equipa definida, problema descrito e ações de contenção tomadas, o líder do processo iniciou a análise da causa raiz.

Para tal, e à semelhança do efetuado no processo de melhoria com o relatório A3, a metodologia 8D também envolve a utilização de mais ferramentas da qualidade. Neste caso, optou-se por utilizar o diagrama causa-e-efeito para a análise da causa raiz, e implementou-se um *Poka-Yoke* nas ações preventivas.

Relativamente ao diagrama de causa-e-efeito, apresentado na Figura 2, foram considerados os campos Máquina, Método, Medição e Mão-de-Obra, visto não se ter detetado a existência de uma potencial causa associada ao Material e ao Meio Ambiente.

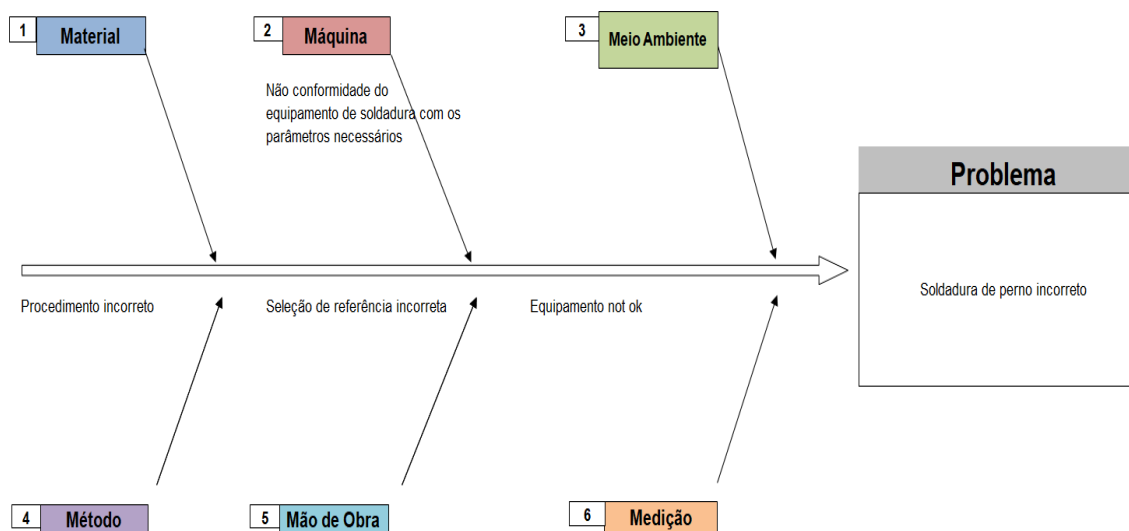


Figura 2 – Diagrama causa-efeito utilizado na aplicação da 8D

Fonte: MCG – Mind for Metal

De seguida analisaram-se as potenciais causas, conforme apresentado na Tabela IV.

Tabela IV: Tratamento da informação referente ao diagrama causa-efeito na aplicação da 8D

Campo	Potencial Causa	Ação a tomar	Conclusão
Material	Nada a registar	-	-
Máquina	Parâmetros incorretos para a soldadura	Verificação dos parâmetros por parte do programador de robótica	Parâmetros em funcionamento eram os corretos
Meio Ambiente	Nada a registar	-	-
Método	Procedimento incorreto	Verificação do processo pelo Engenheiro de processo	Procedimento completo e bem definido
Mão-de-obra	Colocação de perno incorreto pelo operador	Análise por parte do <i>Team Leader</i> da sequência de trabalhos, no dia em que ocorreu a não conformidade, em conjunto com os operadores	Verificou-se que previamente ao trabalho com os pernos M8, foi feito um trabalho em que eram necessários pernos M6, e no momento do Setup entre trabalhos, o operador não terá esvaziado completamente a caixa com os pernos M6
Medição	Equipamento de medição não funcional	Análise do equipamento por um membro da equipa de qualidade	Equipamento funcional, sem problemas que afetem o seu funcionamento

Fonte: Elaboração própria

O problema foi corrigido através da verificação de todas as peças. Após esta verificação, concluiu-se que mais nenhuma peça apresentava o problema. Foi também produzida uma peça nova para substituir a peça com defeito.

De seguida passou-se para as ações preventivas, que, neste caso, envolveram a criação, por parte do programador da robótica e do membro da equipa da qualidade, de um sistema à prova de erro (*Poka-Yoke*) em forma de sensor que deteta a presença e a dimensão do perno e que só permite o processo de soldadura quando a dimensão do mesmo corresponde à especificada pelo programa para o *part number* em produção.

Esta é uma ferramenta *Lean* que o responsável pela qualidade afirmou nas entrevistas, ser fundamental para a empresa, devido à sua importância na prevenção da ocorrência de erros, principalmente os erros ligados à ação humana.

Após a confirmação no local do funcionamento do sensor por parte da equipa, a 8D foi concluída e o responsável reuniu e congratulou a equipa e finalizou o ficheiro na plataforma.

4.3.2 Resolução de um Problema referente a uma Reclamação Externa

Por último, analisou-se o processo mais gravoso que pode ocorrer na indústria, que é uma reclamação do cliente após deteção de peças defeituosas recebidas pelo cliente.

Neste caso, o cliente envolvido foi o CCC, que enviou uma reclamação à MCG, a informar que recebeu uma peça da referência ZZZ com a falta de um componente, neste caso, um casquilho. A peça onde foi detetada a falha externa é usada no sistema de travagem do automóvel, sendo por isso de vital importância que todos os componentes estejam a 100%.

Foi reunida uma equipa, na qual o responsável selecionado para a abertura da 8D foi o *Team Leader* da operação onde ocorreu o problema. Os restantes membros da equipa foram um responsável pela qualidade, um membro da equipa de projeto e a engenheira de processo.

O problema resultou do facto de que a falta deste componente não permitia a correta funcionalidade do conjunto, tendo sido detetado pelo cliente aquando da montagem final do conjunto.

Primeiramente começou-se por fazer a contenção, o que envolveu uma inspeção a 100% das peças na MCG e do *stock* de peças no cliente, processo liderado pelo responsável da qualidade. De seguida avançou-se para a definição da causa raiz, sendo o responsável o *Team Leader* da área afetada. Para tal, utilizou a ferramenta dos 5 porquês três vezes, como demonstra a seguinte Tabela (V).

Tabela V: 5 Porquês referentes à resolução do problema de reclamação externa

Causas	Porquês
Sistema de deteção do casquilho desligado	1 - Sistema de deteção estava desligado; 2 - Estava a proceder-se a ensaios, nos quais era necessário desligar o sensor
No fim do ensaio, peças sem o	1 - Peças sem casquilho não foram segregadas durante o

casquilho não foram segregadas	ensaio; 2 - Peças ficaram ocultas no túnel de saída automática da última operação.
Na operação de embalamento, peças sem casquilho não foram detetadas	1 - Peças sem casquilho não foram detetadas na operação seguinte 2 - Operação visual repetitiva, sujeita a erro humano.

Fonte: Elaboração própria

Detetadas as prováveis causas, concluiu-se que esta foi uma situação especial, mas possível de ser repetida. Após a descrição e contenção do problema, analisaram-se as prováveis causas. Começou-se por rever o FMEA da peça, documento onde estão assinalados todos os pontos a controlar em cada operação, de forma a perceber se a causa raiz já estava contemplada no documento e tinha o valor correto.

Em relação à cravação do casquilho, estão definidos como potenciais modos de falha, a planidade do casquilho fora do especificado, a angularidade e o posicionamento incorreto, o diâmetro fora do especificado, a espessura fora do especificado, a cravação fraca e falta do casquilho. Para este problema em particular, a falta de casquilho é o mais relevante, mas foi decidido também rever a cravação fraca.

Em relação à cravação fraca, a severidade é de 7, a ocorrência de 2 e a deteção (através da utilização de um calibre) tem como valor 9, o que origina um RPN de 126, valor bastante considerável. Relativamente à falta de casquilho, o valor é de 7, 3 e 9, respetivamente perfazendo um RPN de 189, o mais alto existente no FMEA da peça, e portanto, o mais urgente de ser corrigido. Após a revisão do FMEA, concluiu-se que as possíveis causas já se encontravam todas presentes no FMEA, e todas assinaladas com valores elevados, partindo-se de seguida para as ações corretivas.

A primeira foi o melhoramento do túnel de saída de peças, de forma a impedir as peças de ficarem ocultas na última operação da máquina. Esta tarefa ficou a cargo do *Team Leader* da área da operação. Após este melhoramento elaborado pelo membro da equipa de projeto, foi verificado com os operadores dos diferentes turnos que não havia mais o risco das peças ficarem ocultas no túnel.

A segunda ação corretiva foi a criação de uma operação de inspeção visual da peça, onde a presença do casquilho devia ser assinalada colocando uma pinta branca na peça. Este processo ficou a cargo do *Team Leader* e do Engenheiro de processo. Enquanto o Engenheiro modificou a instrução de trabalho de forma a conter esta nova

verificação e marcação com o marcador, o *Team Leader* assegurou que a mesma fosse cumprida na produção. A Tabela VI abaixo, contém o FMEA elaborado para este caso.

Tabela VI: FMEA do processo

NR	Função	Modo potencial de falha	Efeito potencial de falha	Causas potenciais de falha	Controlo preventivo
1	Cravação do casquilho	Cravação fraca	Degradação do desempenho ao longo do tempo	Casquilho mal cravado	Nenhum
2	Cravação do casquilho	Falta de casquilho	Degradação do desempenho ao longo do tempo	Cai posteriormente devido a força de cravação insuficiente	Sistema de deteção

NR	Modo potencial de Falha	Severidade	Ocorrência	Deteção	NPR	Responsável de Implementação	Ação tomada
1	Cravação fraca	7	2	9	126	Team Leader	Melhoramento do túnel de saída de peças
2	Falta de casquilho	7	3	9	189	Team Leader e Engenheiro de Processo	Criação de operação de inspeção e marcação

Fonte: Elaboração própria

A implementação da ação corretiva anterior conduziu à necessidade de implementação de uma nova ação corretiva. O cliente, após a receção das primeiras peças com a marcação a branco, pediu que a mesma fosse retirada, pois esta iria ficar visível para o cliente final, algo que não era aceitável. Este processo com o cliente foi tratado pelo responsável da qualidade, que seguidamente direccionou o mesmo para o Engenheiro de processo e o *Team Leader*, que acrescentaram na instrução de trabalho a limpeza da marcação, após a sua verificação.

Por último, de forma a evitar que este problema voltasse a ocorrer, foram tomadas duas ações preventivas:

- Marcação com tinta branca na inspeção visual final da peça, que posteriormente é retirada;

- Quando há ensaios, as peças têm de ser marcadas com um *spray* vermelho, para que nunca possam ser confundidas com peças para o cliente;

Após a implementação da 8D, foi possível identificar, conter e corrigir o problema, e asseguraram-se as medidas necessárias para evitar a sua reocorrência novamente.

O processo ficou corrigido, tendo sido enviado a 8D para o cliente, que o aprovou e foi reunida a equipa, congratulando a mesma pela eliminação do problema.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho consistia em perceber como é que uma empresa portuguesa da área da Metalomecânica utiliza as técnicas e ferramentas da qualidade, quais é que a empresa utiliza para os diferentes casos e perceber os resultados obtidos com a aplicação das mesmas.

Os resultados demonstram que, para as situações supramencionadas, a empresa utiliza as ferramentas A3 e 8D, que para a sua utilização, envolvem outras técnicas e ferramentas como o *Poka-Yoke*, os 5 porquês, o diagrama causa-efeito ou o FMEA.

Para responder à questão “Como é que a empresa em análise utiliza as técnicas e ferramentas da qualidade”, chegou-se à conclusão que relativamente à melhoria de processos, a empresa utiliza a A3, já nas situações de deteção de problemas, seja dentro da empresa ou detetado já no cliente, utiliza a 8D.

Relativamente à aplicação das ferramentas, conforme o que foi transmitido durante as entrevistas efetuadas na empresa, conseguimos perceber que todos os colaboradores estão bem identificados com o uso de ferramentas e técnicas de melhoria contínua, participando ativamente na aplicação das mesmas. Todos os entrevistados percebem as vantagens que as mesmas trazem para a empresa e para o seu trabalho, admitindo que estas são ferramentas que, devidamente adequadas a cada cargo e função, podem ser usadas por qualquer pessoa na organização. Foi curioso também perceber que das quatro pessoas entrevistadas, todas concordaram que não houve nenhuma situação em que as ferramentas e técnicas *Lean* não fossem suficientes para resolver determinada situação e que cada uma, quando questionada sobre quais as ferramentas que mais utilizam, todos tiveram respostas diferentes (sendo a 8D a que apareceu mais que uma vez), demonstrando que o uso das ferramentas se adapta sempre à situação com que nos deparamos.

Os resultados obtidos permitem constatar que o facto de se usar as ferramentas de forma sistemática, conseguiu-se detetar a causa raiz dos problemas de forma rápida e eficaz e aplicaram-se medidas para evitar a ocorrência dos mesmos futuramente. Foi também possível, recorrendo a ferramentas de MC, verificar como foi feita a melhoria de um processo, com resultados satisfatórios para a organização.

No que toca ao processo de MC, conseguiu-se, através da aplicação da A3, obter uma percentagem de peças sem defeito conforme o pretendido, aumentando a eficiência

do processo. Isto foi possível devido ao uso simultâneo de várias ferramentas, como o diagrama causa-efeito, os 5 porquês e o PDCA, dentro da própria A3, que como no estudo de Chakravorty (2009), o uso de várias ferramentas englobadas na A3 permitiu melhor a eficiência do processo, além de diminuir o número de ocorrências.

Em relação aos processos de resolução de problemas, em ambos os casos foram aplicados a 8D e em ambos os casos com sucesso. Para a resolução do problema interno, dentro da 8D foi aplicado um diagrama causa-efeito para detetar a causa e para a ação preventiva foi utilizado um *poka-yoke*. Neste caso, o *poka-yoke* é de prevenção, que como refere Robinson (1997), faz com que seja impossível errar durante o processo, pois o sensor que foi criado só permite a realização do processo quando a dimensão da peça for a correta.

Quanto ao problema referente a uma reclamação externa, a utilização da 8D envolveu a utilização dos 5 porquês, de onde se retiraram as potenciais causas para o problema, e do AMFE, onde se analisou o problema, se definiu qual o grau de gravidade de cada causa e de onde saíram as ações a tomar. Como no caso de Lipol e Haq (2011), foi possível criar ações corretivas que corrigiram o problema e permitiram reduzir o valor de RPN das causas identificadas.

Relativamente às limitações do estudo temos o facto de retratar apenas uma empresa desta indústria, quando em Portugal temos várias empresas de topo nesta área.

Futuramente seria interessante realizar este estudo relativo ao impacto das ferramentas e técnicas *Lean* em mais empresas da área da metalomecânica em Portugal, com o intuito de perceber se os resultados se mantinham os mesmos. Seria também interessante comparar os resultados com os obtidos noutros estudos semelhantes nos países europeus e noutros países desenvolvidos por todo o Mundo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab Rahman, M. N., Khamis, N. K., Zain, R. M., Deros, B. M., & Mahmood, W. H. W. (2010). Implementation of 5S practices in the manufacturing companies: A case study. *American Journal of Applied Sciences*, 7(8), 1182-1189.
- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.
- Aichouni, M. (2012). On the Use of the Basic Quality Tools for the Improvement of the Construction Industry: A Case Study of a Ready Mixed Concrete Production Process. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(5), 28-35.
- Albliwi, S. A., Antony, J., Arshed, N., & Ghadge, A. (2017). Implementation of lean six sigma in Saudi Arabian organisations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(4), 508-529.
- Anand, G., Ward, P. T., Tatikonda, M. V., & Schilling, D. A. (2009). Dynamic capabilities through continuous improvement infrastructure. *Journal of operations management*, 27(6), 444-461.
- Anvari, A., Ismail, Y., & Hojjati, S. M. H. (2011). A study on total quality management and lean manufacturing: through lean thinking approach. *World applied sciences journal*, 12(9), 1585-1596.
- Awaj, Y. M., Singh, A. P., & Amedie, W. Y. (2013). Quality Improvement using statistical process control tools in glass tools in glass bottles manufacturing. *International Journal for Quality Research*, 7(1), 107-126.
- Bajjou, M. S., & Chafi, A. (2018). Lean construction implementation in the Moroccan construction industry: Awareness, benefits and barriers. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(4), 533-556.
- Behrens, B. A., Wilde, I., & Hoffmann, M. (2007). Complaint management using the extended 8D-method along the automotive supply chain. *Production Engineering*, 1(1), 91-95.
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated manufacturing systems*, 8(2), 110-117.
- Bhasin, S. (2013). Analysis of whether Lean is viewed as an ideology by British organizations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(4), 536-554.

Broday, E. E., & Júnior, P. P. A. (2013). Application of a quality management tool (8D) for solving industrial problems. *Independent Journal of Management & Production*, 4(2), 377-390.

Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2015). Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, 160, 182-201.

Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-upreduction programs: the SWAN approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5-8), 1845-1855.

Bunney, H. S., & Dale, B. G. (1997). The implementation of quality management tools and techniques: a study. *The TQM Magazine*, 9(3), 183-189.

Campatelli, G., Citti, P., & Meneghin, A. (2011). Development of a simplified approach based on the EFQM model and Six Sigma for the implementation of TQM principles in a university administration. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(7), 691-704.

Chakravorty, S. S. (2009). Process improvement: using Toyota's A3 reports. *Quality Management Journal*, 16(4), 7-26.

Chen, C. K., Anchecta, K., Lee, Y. D., & Dahlgaard, J. J. (2016). A stepwise ISO-based GQT implementation approach using ISO 9001: 2015. *Management and Production Engineering Review*, 7(4), 65-75.

Chen, J. C., Li, Y., & Shady, B. D. (2010). From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: an industrial case study. *International Journal of Production Research*, 48(4), 1069-1086.

Cole, R. E. (2002). From continuous improvement to continuous innovation. *Total quality management*, 13(8), 1051-1056.

Dadashnejad, A. A., & Valmohammadi, C. (2019). Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(3-4), 466-482.

Dahlgaard, J. J., Kristensen, K., & Kanji, G. K. (1995). Total quality management and education. *Total Quality Management*, 6(5), 445-456.

Djekic, I., Tomasevic, I., Zivkovic, N., & Radovanovic, R. (2013). Types of food control and application of seven basic quality tools in certified food companies in Serbia. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 5(4), 325-332.

Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36(1), 95-102.

Duffuaa, S. O., & Ben-Daya, M. (1995). Improving maintenance quality using SPC tools. *Journal of quality in maintenance engineering*, 1(2), 25-33.

Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187-210.

Fonseca, L., Lima, V., & Silva, M. (2015). Utilization of Quality Tools: does sector and size matter?. *International Journal for Quality Research (IJQR)*, 9, 605-620.

Foster Jr, S. T., Howard, L. W., & Shannon, P. (2002). The role of quality tools in improving satisfaction with government. *Quality Management Journal*, 9(3), 20-31.

Fotopoulos, C., & Psomas, E. (2009). The use of quality management tools and techniques in ISO 9001: 2000 certified companies: the Greek case. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(6), 564-580.

Gómez, J. G., Martinez Costa, M., & Martínez Lorente, Á. R. (2017). EFQM Excellence Model and GQT: an empirical comparison. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(1-2), 88-103.

Hagemeyer, C., Gershenson, J. K., & Johnson, D. M. (2006). Classification and application of problem solving quality tools: A manufacturing case study. *The TQM Magazine*, 18(5), 455-483.

He, Z., Staples, G., & Ross, M. (1996). Fourteen Japanese quality tools in software process improvement. *The TQM Magazine*, 8(4), 40-44.

Herbert, D., Curry, A., & Angel, L. (2003). Use of quality tools and techniques in services. *The Service Industries Journal*, 23(4), 61-80.

Holmemo, M. D. Q., Rolfsen, M., & Ingvaldsen, J. A. (2018). Lean thinking: outside-in, bottom-up? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(1-2), 148-160.

Isack, H. D., Mutingi, M., Kandjeke, H., Vashishth, A., & Chakraborty, A. (2018). Exploring the adoption of Lean principles in medical laboratory industry. *International journal of lean six sigma*, 9, 133-155.

Ismayrlis, V., & Moschidis, O. (2015). The use of quality management systems, tools, and techniques in ISO 9001: 2008 certified companies with multidimensional statistics: the Greek case. *Total Quality Management & Business Excellence*, 26(5-6), 497-514.

Iyede, R., Fallon, E. F., & Donnellan, P. (2018). An exploration of the extent of Lean Six Sigma implementation in the West of Ireland. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(3), 444-462.

Iwao, S., & Marinov, M. (2018). Linking continuous improvement to manufacturing performance. *Benchmarking: An International Journal*, 25(5):1319-1332.

Khan, S. A., Kaviani, M. A., Galli, B. J., & Ishtiaq, P. (2019). Application of continuous improvement techniques to improve organization performance. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 542-565.

Kohfeldt, D., & Langhout, R. D. (2012). The five whys method: A tool for developing problem definitions in collaboration with children. *Journal of community & applied social psychology*, 22(4), 316-329.

Korenko, M., Krocko, V., Zitnak, M., Foldesiova, D., Adamik, M., Allo, S., & Kuzenko, L. (2013). Application 8D method for problems solving. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер: Агроінженерні дослідження*, (17), 330-339.

Krajnc, M. (2012). With 8D method to excellent quality. *Journal of Universal Excellence*, 3, 118-129.

Laugen, B. T., Acur, N., Boer, H., & Frick, J. (2005). Best manufacturing practices: what do the best-performing companies do?. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(2), 131-150.

Lin, C., & Chang, S. (2006). Exploring GQT's impact on the causal linkage between manufacturing objective and organizational performance. *Total Quality Management and Business Excellence*, 17(04), 465-484.

Lipol, L. S., & Haq, J. (2011). Risk analysis method: FMEA/FMECA in the organizations. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 11(5), 74-82.

Liu, C. C., Niu, Z. W., & Li, Q. L. (2020). The impact of lean practices on performance: based on meta-analysis and Bayesian network. *Total Quality Management & Business Excellence*, 31(11-12), 1225-1242.

- Liu, S. F., Cheng, J. H., Lee, Y. L., & Gau, F. R. (2016). A case study on FMEA-based quality improvement of packaging designs in the TFT-LCD industry. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(3-4), 413-431.
- Madanhire, I., & Mbohwa, C. (2016). Application of just in time as a total quality management tool: the case of an aluminium foundry manufacturing. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(1-2), 184-197.
- Magar, V. M., & Shinde, V. B. (2014). Application of 7 quality control (7 QC) tools for continuous improvement of manufacturing processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4), 364-371.
- Matthews, D. D. (2018). *The A3 workbook: Unlock your problem-solving mind*. Productivity Press, New York.
- Meirinhos, M., & Osório, A. (2010). O estudo de caso como estratégia de investigação em educação. *Revista EduSer*, (2 (2)), 49-65.
- Miralles, C., Holt, R., Marin-Garcia, J. A., & Canos-Daros, L. (2011). Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case study and implications. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 4(3), 436-452.
- Muhammad, S. (2015). Quality improvement of fan manufacturing industry by using basic seven tools of quality: A case study. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(4), 30-35.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of Kanban system at local manufacturing company in Malaysia—case study. *Procedia Engineering*, 41, 1721-1726.
- Nguyen, P. (2014). Lean Manufacturing—Implementation and Benefit in Production Activities. Available at SSRN 2555428.
- Nguyen, P. (2016). Integration of Lean Manufacturing and Six Sigma for Improving Business Process Performance: A Theoretical Research. *International Journal of Production and Operations Management (IJSPOM. ORG)*, 3(3). 29-37.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1st ed.). New York: NY: Productivity Press.
- Ozgur, C., Meek, G. E., & Toker, A. (2002). The impact of ISO certification on the levels of awareness and usage of quality tools and concepts: a survey of Turkish manufacturing companies. *Quality Management Journal*, 9(2), 57-69.

Paliska, G., Pavletic, D., & Sokovic, M. (2007). Quality tools—systematic use in process industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 25(1), 79-82.

Panwar, A., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). Lean implementation in Indian process industries—some empirical evidence. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(1), 131-160.

Parvadavardini, S., Vivek, N., & Devadasan, S. R. (2016). Impact of quality management practices on quality performance and financial performance: evidence from Indian manufacturing companies. *Total Quality Management & Business Excellence*, 27(5-6), 507-530.

Patel, P. J., Shah, S. C., & Makwana, S. (2014). Application of Quality Control Tools in Taper Shank Drills Manufacturing Industry: A Case Study. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(2), 129-134.

Pojasek, R. B. (2000). Asking“Why?” five times. *Environmental Quality Management*, 10(1), 79-84.

Pötters, P., Schmitt, R., & Leyendecker, B. (2018). Effectivity of quality methods used on the shop floor of a serial production—how important is Poka Yoke?. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(9-10), 1200-1212.

Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences*, 8(11), 2181.

Riesenberger, C. A., & Sousa, S. D. (2010, June). The 8D methodology: an effective way to reduce recurrence of customer complaints. In *Proceedings of the world congress on engineering*, 3, London.

Robinson, H. (1997). Using Poka-Yoke techniques for early defect detection. In *Sixth International Conference on Software Testing Analysis and Review* (pp. 134-145).

Rojasra, P. M., & Qureshi, M. N. (2013). Performance improvement through 5S in small scale industry: a case study. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(3), 1654-1660.

Sabaghi, M., Rostamzadeh, R., & Mascle, C. (2015). Kanban and value stream mapping analysis in lean manufacturing philosophy via simulation: a plastic fabrication (case study). *International Journal of Services and Operations Management*, 20(1), 118-140.

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2007). Research methods. *Business Students 4th edition Pearson Education Limited, England*.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- Shahin, A., Arabzad, S. M., & Ghorbani, M. (2010). Proposing an integrated framework of seven basic and new quality management tools and techniques: A roadmap. *Research Journal of International Studies*, 17, 183-195.
- Singh, J., & Singh, H. (2012). Continuous improvement approach: state-of-art review and future implications. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 88-111.
- Singh, J., & Singh, H. (2015). Continuous improvement philosophy—literature review and directions. *Benchmarking: An International Journal*, 22(1), 75-119.
- Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. *Journal of Mechanical Engineering*, 55(5), 1-9.
- Soković, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 43(1), 476-483.
- Sousa, S. D., Aspinwall, E., Sampaio, P. A., & Rodrigues, A. G. (2005). Performance measures and quality tools in Portuguese small and medium enterprises: survey results. *Total Quality Management and Business Excellence*, 16(2), 277-307.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*, Rawson Associates. New York, 323.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148.
- Yin, R. K. (2018). Case study research: design and methods. 6th ed. Thousand Oaks, CA. Sage Publications.
- Zhang, D., Linderman, K., & Schroeder, R. G. (2012). The moderating role of contextual factors on quality management practices. *Journal of Operations Management*, 30(1-2), 12-23.

7. ANEXOS

Anexo 1 – Questões para as entrevistas semiestruturadas

- 1- Que ferramentas e técnicas de melhoria contínua são utilizadas pela empresa?
- 2- Os resultados obtidos com as ferramentas são sempre positivos?
- 3- As ferramentas e técnicas são as mesmas em todas as situações ou utilizam-se ferramentas específicas para determinados casos?
- 4- Já houve casos que estas ferramentas e técnicas não foram suficientes para resolver um problema?
- 5- Quais as ferramentas mais utilizadas na empresa e porquê? E no seu caso particular?
- 6- Têm sido introduzidas novas ferramentas aos processos, ou têm sido as mesmas nos últimos anos? Como é feita esta introdução?
- 7- Como funcionam as ações de formação aos colaboradores?
- 8- Todos os colaboradores estão identificados com a importância das ferramentas?
- 9- Qualquer pessoa na empresa está capacitada para utilizar ferramentas e técnicas de qualidade, desde que devidamente adaptadas à sua função?